Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 17, No. 3, 2025, p. 421-438

Study of Morphological Traits, Yield, and Yield Components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars under Rainfed Conditions and Different Sowing Dates

Esmail Nabizadeh[1*], Saman Yezdan Seta[1], Rahim Sarkhosh[1] and Khadijeh Ahmadi[2]

1- Institute of Agriculture, Water, Food, and Nutraceuticals, Mah.C., Islamic Azad University, Mahabad, Iran.
2- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
(*- Corresponding author's Email: esmaeil.nabizadeh@iau.ac.ir)

Received: 12-06-2025 Revised: 26-07-2025 Accepted: 11-08-2025 Available Online: 26-11-2025	**How to cite this article:** Nabizadeh, I., Yezdan Seta, S., Sarkhosh, R., & Ahmadi, K. (2025). Study of morphological traits, yield, and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions and different sowing dates. *Journal of Agroecology*, *17*(3), 421-438. (In Persian with English abstract) https://doi.org/ 10.22067/agry.2025.93878.1242

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.), a cool-season legume, plays a vital role in sustainable agriculture and human nutrition due to its high protein content and nitrogen-fixing capacity. It contributes to crop rotation systems by suppressing weeds, reducing soil-borne diseases, and enhancing soil fertility. In regions with heavy-textured soils and high water-holding capacity, chickpea is typically sown in late autumn or early winter when soil moisture is adequate. Cultivated in over 56 countries, chickpea is often grown in semi-arid to arid environments, where abiotic stresses such as drought and cold limit its productivity. Its reproductive phase is especially sensitive to environmental stressors, making sowing date a crucial determinant of yield performance. Early sowing may extend the growth period and improve biomass accumulation, whereas late sowing can expose the crop to terminal drought. This study aimed to identify the optimal genotypes and planting dates for maximizing growth and yield under the cold and dry conditions of northwestern Iran.

Materials and Methods

The experiment was conducted during the 2019–2020 cropping season in Khusheh Darreh village, Saqqez County, Kurdistan Province, Iran (36°22′N, 46°34′E; 1502 m a.s.l.). A randomized complete block design (RCBD) with three replications was employed, evaluating five chickpea genotypes—including ‘Adel’ and ‘Mansour’—across five sowing dates: November 6, February 11, March 10, April 29, and May 22. Soil samples were collected at two depths (0–30 cm and 30–60 cm) for analysis of physical and chemical properties, and average climatic data were recorded. Morphological traits such as plant height, number of secondary branches, and number of pods, along with physiological indices including green emergence percentage, biological yield, seed yield, and harvest index, were measured.

Results and Discussion

https://doi.org/ 10.22067/agry.2025.93878.1242

Sowing date and genotype significantly affected all measured traits. The highest green emergence (82%) was recorded for the April 29 sowing date, whereas sowing in early December resulted in lower emergence due to cold stress. Late May sowing led to poor establishment caused by water stress. The February 11 sowing date produced the highest grain yield (652 kg/ha) and harvest index (48%), attributed to an optimal combination of growing season duration and favourable environmental conditions. Genotypic differences were evident, with 'Adel' and 'Mansour' performing best under early sowing conditions, reflecting their superior tolerance to cold and extended vegetative growth. Late sowing restricted plant development and yield due to a shortened growth period and terminal drought. Early sowing (in the absence of frost damage) allowed for prolonged growth, improved utilization of light and moisture, and more effective resource allocation, enhancing both vegetative and reproductive traits. Pod number and seed number were identified as key determinants of yield, consistent with previous findings. Environmental stress during the flowering and pod development stages resulted in an increased number of empty pods and reduced seed weight, highlighting the importance of aligning crop phenology with climatic conditions. The study also confirmed that Desi-type chickpeas exhibit greater resilience to abiotic stresses compared to Kabuli types. Tailoring sowing dates to genotype-specific growth patterns and climatic forecasts is essential for sustainable chickpea production in cold and water-limited regions.

Conclusion

This research emphasizes the critical role of sowing date in optimizing chickpea performance under cold, dry agro-climatic conditions. Among the treatments, sowing on February 11 combined with genotypes such as 'Adel' and 'Mansour' resulted in superior growth and yield. The findings highlight the importance of location-specific agronomic planning that integrates genotype selection with optimal sowing time. These results offer practical recommendations for enhancing chickpea productivity in highland areas prone to cold and drought stress. Future research should investigate the physiological mechanisms behind genotype responses and explore integrated crop management strategies for further yield stabilization.

Acknowledgements

The authors thank the Agricultural Research Station of Kurdistan Province for providing the research site and technical support. Special appreciation is extended to the local farmers of Saqqez for their cooperation and logistical assistance during the fieldwork.

Keywords: Agronomic Traits, Chickpea, Emergence Percentage, Harvest Index, Plant height

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۷، شماره ۳، پاییز ۱٤۰٤، ص ٤۳۸-٤۲۱

مطالعه صفات ریخت‌شناسی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت اثر تاریخ کشت در شرایط دیم

اسمعیل نبی‌زاده[1*]، سامان یزدان‌ستا[1]، رحیم سرخوش[1] و خدیجه احمدی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۰

چکیده

نخود (*Cicer arietinum* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین حبوبات در نظام‌های زراعی مناطق نیمه‌خشک، از حساسیت بالایی نسبت به تاریخ کاشت و شرایط محیطی برخوردار است، ازاین‌رو شناخت واکنش ارقام مختلف نخود به تاریخ‌های متفاوت کاشت، نقشی کلیدی در افزایش پایداری عملکرد و بهره‌وری زراعی دارد. این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد و صفات زراعی ارقام مختلف نخود در شرایط آب‌وهوایی سرد و نیمه‌خشک شهرستان سقز در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. کرت اصلی پنج تاریخ کاشت (۶ آذر، ۱۱ اسفند، ۵ فروردین، ۲۹ فروردین و ۲۲ اردیبهشت‌ماه) و کرت فرعی ۱۰ رقم نخود منصور، آنا، عادل، پیروز، گوکسو، اسکان، آراس، آبگوشتی و رقم آجیلی (شاهد) بودند. نتایج نشان داد که تاریخ کاشت و نوع رقم به‌طور معنی‌داری بر سبز شدن مزرعه، صفات رشدی (ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و غلاف) و عملکرد دانه تأثیر گذاشتند. بیشترین درصد سبز شدن (۸۲ درصد) در تاریخ ۲۹ فروردین مشاهده شد، درحالی‌که کاشت‌های پاییزه (۶ آذر) به‌خاطر تنش سرما و کاشت‌های دیرهنگام (۲۲ اردیبهشت‌ماه) به‌سبب کم‌آبی، کاهش سبز شدن را به همراه داشتند. تاریخ‌های زودهنگام‌تر (در صورت عدم تنش سرمایی) به‌دلیل طولانی‌تر بودن دوره رشد و استفاده بهینه از منابع، عملکرد بالاتری داشتند. بیشترین عملکرد دانه (۶۵۹ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۴۸ درصد) در کاشت ۱۱ اسفند به دست آمد. تفاوت‌های ژنتیکی ارقام نیز در تحمل تنش‌های محیطی مشهود بود، به‌طوری‌که ارقام منصور و عادل در کاشت‌های زودهنگام عملکرد بهتری نشان دادند. این یافته‌ها اهمیت هماهنگی زمان کاشت با شرایط آب‌وهوایی و انتخاب ارقام مقاوم به تنش را در بهینه‌سازی تولید نخود در مناطق سرد و نیمه‌خشک برجسته کرد. در تاریخ‌های مختلف کاشت، رقم وارداتی گوکسو و رقم محلی آبگوشتی بیشترین عملکرد از لحاظ تولید دانه را داشته‌اند. ترکیب دو عامل تاریخ ۱۱ اسفند و رقم گوکسو، بیشترین بازدهی را از لحاظ عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه، و رشد مناسب نشان دادند و برای مناطقی با اقلیم مشابه، قابل توصیه هستند. مدیریت صحیح تاریخ کاشت و استفاده از ارقام سازگار به‌عنوان راهکاری کارآمد برای افزایش بهره‌وری در کشت نخود معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، درصد سبزشدن، شاخص برداشت، صفات زراعی

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) یک از حبوبات فصل خنک است که در طیف وسیعی از محیط‌ها عمدتاً در مناطق نیمه‌خشک جهان رشد می‌کند، جایی که اغلب با شرایط آب و هوایی آسیب‌زا روبرو می‌شود. مزایای متعدد سیستم تغذیه‌ای و کشاورزی نخود به‌خوبی مستند شده است. نخود منبعی از پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه ضروری در رژیم غذایی انسان است (Rasheed et al., 2021) و انرژی و پروتئین‌های ارزشمندی را در غذای حیوانات فراهم می‌کند (Grasso et al., 2022). در نظام‌های کشاورزی، این محصول برای مهار

۱- دانشکده کشاورزی، آب، غذا و فراسودمندها، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: esmail.nabizadeh@iau.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/agry.2025.93878.1242

علف‌های هرز و جلوگیری از شیوع بیماری‌های ناشی از خاک و کلش مفید است. علاوه‌بر این، توانایی آن در تثبیت نیتروژن اتمسفر، حاصلخیزی خاک را بهبود می‌بخشد و مزایایی را برای محصولات بعدی غلات فراهم می‌کند. نخود در حدود ۱۷/۸ میلیون هکتار در ۵۶ کشور کشت می‌شود (FAO, 2020). در نواحی دارای خاک‌های با بافت سنگین و ظرفیت نگهداری آب بالا، نخود در اواخر پاییز و یا اوایل زمستان، زمانی‌که خاک از آب اشباع است، کاشته می‌شود (Sadras & Dreccer, 2015). به‌دلیل بارندگی غالب تابستان، این مناطق درون فصل بارندگی کمی دارند و در نتیجه نخود در معرض شرایط آب‌وهوایی نامطلوب مانند کم‌آبی پایانی و دمای بسیار بالا در اواخر فصل قرار می‌گیرد که پتانسیل عملکرد را محدود می‌کند (Sadras & Dreccer, 2015).

مزایای نظام‌های کشاورزی و سودآوری نخود، تولید آن را تشویق کرده است تا به مناطق کشاورزی جدید گسترش یابد. در این مناطق که تحت سلطه بارندگی‌های سردتر و زمستانه هستند (Sadras & Dreccer, 2015)، تجمع زیست‌توده و عملکرد دانه توسط دماهای سرد و رویدادهای یخبندان در اوایل فصل رشد و همچنین خشکسالی پایانی و تنش گرمایی در اواخر فصل محدود می‌شود. دمای بهینه در طول فاز حساس تولیدمثلی برای تولید نخود بین ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است (Gaur et al., 2019) و دماهای بالاتر یا پایین‌تر از این محدوده باعث ریزش گل/غلاف و کاهش عملکرد می‌شود (Devasirvatham et al., 2015). در این محدوده دمایی، تمایل به تجمع کافی زیست‌توده و تبدیل کارآمد آن به عملکرد دانه وجود دارد. تعداد گل‌های مولد و غلاف‌های پرشده به‌شدت تحت تأثیر دماهای بالا قرار می‌گیرد و بنابراین می‌توان از این صفات به‌عنوان معیار انتخاب برای تحمل گرما استفاده کرد (Gaur et al., 2019). همچنین، دمای متوسط روزانه حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد برای موفقیت‌آمیز بودن غلاف‌بندی و حفظ دانه ضروری است (Berger et al., 2004). در دماهای بسیار پایین، یخبندان باعث از بین رفتن گل و غلاف و در نتیجه افزایش تعداد غلاف‌های خالی می‌شود. در بیشتر مناطق کشت، نخود عمدتاً با استفاده از رطوبت ذخیره‌شده در خاک و بدون آبیاری تکمیلی رشد می‌کند و در نتیجه تمایل به خشکسالی پایانی دارد. در سطح جهانی، خشکسالی حدود ۵۰ درصد از کاهش عملکرد نخود را شامل می‌شود (Gaur et al., 2019)، درحالی‌که وزن دانه، تعداد دانه و تعداد غلاف همگی در عملکرد نهایی دانه نقش دارند، تعداد دانه عمدتاً محرک اصلی عملکرد در محصولات زراعی است (Sadras & Slafer, 2012). بااین‌حال، وزن دانه دارای پیامدهای کیفی تجاری مهمی است، به‌ویژه اگر تنش‌های غیرزیستی باعث چروک شدن یا کاهش اندازه دانه شود (Wood et al., 2019).

شناسایی ارقام گیاهی مناسب برای محیطهای تولید جدید، کلید گسترش محصول، سازگاری و افزایش بهره‌وری کلی است (Pushpavalli et al., 2020). درک سازوکارهای حفظ بهره‌وری و/یا افزایش عملکرد تحت تنش‌های متعدد به تعیین مناسب بودن رقم در محیطهای مختلف کمک می‌کند. گونه‌های نخود دسی نسبت به واریته‌های کابلی، تحمل بیشتری به تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی و گرما دارند. محصولات زراعی طیفی از راهکارهای اجتناب یا تحمل را برای بقاء و عملکرد رضایت‌بخش تحت محدودیت‌های غیرزیستی اتخاذ می‌کنند (Mafoua et al., 2020). تاریخ کاشت و رقم زراعی از عوامل مؤثر بر رشد و عملکرد نخود هستند، به‌طوری‌که طی مطالعه در کشور نپال، ارقام جدید در تاریخ‌های کاشت مناسب، به‌ویژه اوایل فصل، عملکرد بالاتری از خود نشان می‌دهند که نشان‌دهنده برتری ارقام جدید نسبت به ارقام بومی در بهره‌برداری بهینه از تاریخ‌های مناسب کاشت است (Pokhrel et al., 2025). در نخود، مرحله زایشی نسبت به مرحله رویشی حساسیت بیشتری به تنش‌های محیطی دارد. بااین‌حال، به‌دلیل عادت رشد نامشخص، این مراحل می‌توانند همزمان رخ دهند و گیاه ممکن است در معرض تنش‌های مشابه در هر دو مرحله باشد. تجمع زیست‌توده و تبدیل موفق آن به عملکرد دانه را می‌توان از طریق شیوه‌های مدیریتی نظیر بهینه‌سازی تاریخ کاشت برای برخی واریته‌ها به حداکثر رساند (Lack & Sadras, 2014). کشت در طیف وسیعی از محیطهای مختلف، روشی عملی برای ارزیابی سازگاری و بهره‌وری محصول در مناطق جدید و انطباق عملکرد ژنتیکی واریته‌ها با شرایط اقلیمی بلندمدت است.

هدف از این مطالعه، شناسایی پتانسیل ارقام نخود در واکنش به پنج تاریخ کاشت متفاوت، با استفاده اندازه‌گیری صفات ریخت‌شناسی مرتبط رشد، عملکرد و اجزای عملکرد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه مرکز خدمات کشاورزی روستای خوشه دره دهستان گل‌تپه جهانگیرخان بخش

زیویه واقع ۶۵ کیلومتری شهرستان سقز با مختصات طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۲ دقیقه و ارتفاع ۱۵۰۲ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. برای تعیین مشخصات خاک مزرعه، نمونه‌برداری از سطح ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری انجام گرفت (جدول ۱). منطقه مورد کشت دارای میانگین دمای سالیانه ۱۱/۵۴ سانتی‌گراد است (جدول ۲).

مشخصات طرح آزمایش

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت اصلی شامل پنج تاریخ کاشت ۶ آذرماه ۱۳۹۸، ۱۱ اسفندماه ۱۳۹۸، ۵ فروردین ماه ۱۳۹۹، ۲۹ فروردین ماه ۱۳۹۹ و ۲۲ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹ بودند، تاریخ کشت‌ها دقیقاً طبق عرف زمان کاشت کشاورزان منطقه در کشت انتظاری و معمول و ارقام نخود شامل آجیلی (شاهد)، منصور، گوکسو، اسکان، آراس، آنا، آبگوشتی، عادل و پیروز به‌عنوان کرت‌های فرعی قرار گرفتند. این آزمایش به‌صورت کشت دیم در ۱۳۵ کرت اجرا شد، ابعاد کرت‌ها به‌طول پنج متر و عرض دو متر بود. فاصله بذور از هم به‌اندازه ۱۷ سانتی‌متر روی یک ردیف و فاصله ردیف‌ها از هم ۴۰ سانتی‌متر بود و هر کرت دارای پنج ردیف به‌طول پنج متر بود. فاصله بین دو کرت با یک خط نکاشت به‌عنوان حاشیه مشخص گردید، کاشت بذور به‌صورت خطی و با دست و در عمق هفت سانتی‌متر انجام شد، تعداد بوته در یک مترمربع، براساس قوه نامیه هر رقم، محاسبه و ۳۰ بوته در نظر گرفته شد.

عملیات آماده‌سازی زمین

عملیات خاک‌ورزی یک‌بار شخم عمیق با گاوآهن برگردان‌دار و بار دوم با استفاده از خاک‌ورزی مرکب جهت تسطیح در زمین مورد نظر انجام گرفت. در این طرح از بذور مادری موجود در مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان سقز استفاده گردید و تمام بذور قبل از کاشت با سم مانکوزب ضدعفونی شدند، در ابتدا و همراه کاشت، کود اوره برمبنای ۲۵ کیلوگرم و کود فسفات آمونیم برمبنای ۱۰۰ کیلوگرم و کود سولفات پتاسیم برمبنای ۵۰ کیلوگرم در هکتار به زمین اضافه شد. برای مبارزه با علف‌های هرز، در مرحله دوشاخه‌ای شدن و قبل از به گل رفتن گیاه نخود به‌وسیله کارگر مزرعه وجین و برای مبارزه با کرم غلاف‌خوار از سم آفت‌کش کلرپیریفوس در یک نوبت و قبل از گل‌دهی استفاده و آفت کرم غلاف‌خوار نخود به‌خوبی مهار گردید.

اندازه‌گیری صفات

برای برآورد درصد بوته‌های سبزشده در مزرعه، به‌محض مشاهده ظهور اولین گیاهچه‌ها، در مزرعه شمارش گیاهچه‌های سبزشده به‌طور روزانه در هر واحد آزمایشی آغاز و تا زمانی‌که گیاهچه‌های سبز شده ثابت شدند، شمارش ادامه داشت. رصد سبز شدن نهایی در مزرعه به‌صورت تعداد بذور سبزشده تقسیم بر تعداد بذور کشت‌شده ضربدر ۱۰۰ محاسبه گردید (ISTA, 2006). برای تاریخ‌های کشت ۶ آذرماه ۱۳۹۸، ۱۱ اسفندماه ۱۳۹۸، ۵ فروردین ماه ۱۳۹۹، ۲۹ فروردین ماه ۱۳۹۹ و ۲۲ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹، به‌ترتیب طول دوره‌های ۲۰۳، ۱۲۶، ۱۲۱، ۹۸ و ۸۵ روز بود. زمان‌های برداشت جهت اندازه‌گیری صفات ریخت‌شناسی، عملکرد و اجزای عملکرد برای تاریخ کشت ۶ اسفندماه ۱۳۹۸ برداشت در ۲۵ خردادماه ۱۳۹۹، تاریخ کشت ۱۱ اسفندماه ۱۳۹۸ برداشت در ۱۵ تیرماه ۱۳۹۹، تاریخ کشت ۵ فروردین ماه ۱۳۹۹ برداشت در ۲۸ تیرماه ۱۳۹۹، تاریخ کشت ۲۹ فروردین ماه ۱۳۹۹ برداشت در ۳ مرداد ۱۳۹۹ و برای تاریخ کشت ۲۲ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹ برداشت در ۱۰ مردادماه ۱۳۹۹ انجام شد.

به‌منظور اندازه‌گیری صفات ریخت‌شناسی، از سه ردیف وسط هر کرت، از هر ردیف ۱۰ بوته و در مجموع ۳۰ بوته به‌صورت تصادفی مشخص و علامت‌گذاری شد. ارتفاع بوته‌ها از سطح خاک تا انتهای آخرین برگ با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری و میانگین داده‌ها به‌عنوان ارتفاع بوته کرت موردنظر ثبت شد.

جدول ۱- تجزیه فیزیکی-شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physico-chemical analysis of the experimental site soil

بافت Texture	درصد اشباع Percent saturation	EC	pH	کربن آلی Organic C (%)	نیتروژن N (%)	فسفر P (%)	پتاسیم K (%)
لومی‌رسی سیلتی (متوسط) Silty clay loam (medium)	45	1.34	7.81	0.97	0.091	9/84	345

جدول ۲- آمار هواشناسی مزرعه تحقیقاتی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸

Table 2- Meteorological statistics of the research farm in the 2019-2020

سال و ماه **Year and month**	میانگین دمای ماهانه **Average monthly temperature (°C)**		دمای مطلق ماهانه **Monthly absolute temperature (°C)**		میانگین رطوبت ماهانه **Average monthly humidity (%)**		مقدار بارندگی ماهانه **Monthly precipitation (mm)**	میانگین میزان تبخیر از طشتک کلاس A **Average evaporation from class A pan (mm)**	تبخیر ماهانه **Monthly evaporation (mm)**
	حداقل **Min**	حداکثر **Max**	حداقل **Min**	حداکثر **Max**	حداقل **Min**	حداکثر **Max**			
مهر ۹۸ October 2019	7.1	19.3	4.4	27.4	18	63	10.8	4.4	131.6
آبان ۹۸ November 2019	1.5	17.2	1.5	19	57	79	22.9	1.3	42.8
آذر ۹۸ December 2019	-4.8	5.2	-7.8	11.8	58	90	67.2	0	0
دی ۹۸ January 2020	-5.9	4.3	-12.7	9.5	51	87	91.2	0	0
بهمن ۹۸ February 2020	-11.9	3.2	-18.9	9.9	56	89	69.4	0	0
اسفند ۹۸ March 2020	-6.3	4.7	-11.8	13.5	53	81	95.2	0	0
فروردین ۹۹ April 2020	-2.3	15.3	-4	19.5	41	77	70.3	2.5	49.7
اردیبهشت ۹۹ May 2020	5.9	24.2	4.2	26.3	35	73	47.2	5.4	154.2
خرداد ۹۹ June 2020	9.1	29.6	9	31.4	28	63	3.4	7.9	226.4
تیر ۹۹ July 2020	12.9	25.6	10.9	38	22	58	0	8.3	275.6
مرداد ۹۹ August 2020	15.4	26.7	13.5	39.5	19	46	0	9.5	348.1
شهریور ۹۹ September 2020	9.6	26.2	11.3	36.2	21	61	0	7.3	218.5

همچنین، ارتفاع اولین و آخرین غلاف هر بوته از سطح خاک اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به‌عنوان ارتفاع اولین و آخرین غلاف کرت یادداشت گردید. تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی هر بوته شمارش و میانگین آن‌ها به‌ترتیب به‌عنوان تعداد شاخه اصلی و فرعی ثبت شد. در مرحله بعد، تعداد کل غلاف، تعداد غلاف خالی، غلاف‌های تک‌دانه‌ای و دودانه‌ای برای هر بوته شمارش و میانگین

آن‌ها برای هر کرت ثبت گردید. در زمان رسیدگی کامل، با استفاده از کوادرات یک مترمربع در یک کرت، بوته‌ها از محل طوقه قطع و وزن شدند تا عملکرد بیولوژیک محاسبه گردد، سپس دانه‌های این بوته‌ها جدا و وزن شدند و با استفاده از معادله [(وزن دانه ÷ عملکرد بیولوژیک) × ۱۰۰] شاخص برداشت به دست آمد. برای تعیین عملکرد نهایی، تمام بوته‌های هر کرت به‌صورت دستی برداشت و دانه‌های حاصل از بوته‌های نمونه با سایر دانه‌ها ترکیب‌شده، با چوب مخصوص کوبیده و توسط باد کاه از دانه جدا شد. وزن دانه‌ها اندازه‌گیری شده و عملکرد ۱۰ مترمربع محاسبه و سپس به‌صورت عملکرد در هکتار تبدیل و ثبت شد. همچنین از دانه‌های برداشت‌شده، ۱۰۰ دانه به‌صورت تصادفی جدا و وزن گردید تا وزن ۱۰۰ دانه به دست آید.

تجزیه آماری:

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS 24.0 انجام شد. میانگین‌های به‌دست‌آمده با استفاده از آزمون چند دامنه¬ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شد.

نتایج و بحث

درصد سبز شدن مزرعه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین رقم‌ها، تاریخ‌های کاشت و اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر درصد سبز شدن در واحد سطح اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (جدول۳). در بررسی داده‌های ارقام در تاریخ کشت‌های مختلف مشاهده گردید که ارقام آنا، آراس، عادل و اسکان در تاریخ کشت ۶ آذرماه ۹۸ به‌شدت تحت تأثیر تنش سرما قرار گرفته و عدم جوانه‌زنی منجر به کاهش شدید عملکرد دانه در این ارقام گردید. در تاریخ کشت‌های ۱۱ اسفندماه ۹۸ و ۵ و ۲۹ فروردین‌ماه ۹۹، بیشتر ارقام از لحاظ درصد سبز شدن در واحد سطح اختلاف معنی‌داری نداشتند، امّا در تاریخ کشت ۲۲ اردیبهشت‌ماه ۹۹ به‌علت تنش رطوبتی زیاد، درصد سبز شدن ارقام تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۱). این نتایج نشان‌دهنده این است که افزایش درصد سبز شدن در تاریخ کاشت ۲۹ فروردین‌ماه به‌دلیل عدم بروز شرایط سرمازدگی جوانه در کشت‌های بهاره و همچنین وجود شرایط مناسب جوانه‌زنی از لحاظ رطوبت و دما در زمان کاشت و اوایل رشد این تاریخ کشت است. دما عامل مهمی برای تعیین تاریخ کاشت بوده و اغلب کشاورزان منطقه برای فرار از تنش سرما، کشت نخود را به زمان دیرتر موکول کرده و این امر باعث مواجه‌شدن اواخر دوره رشد گیاه نخود با گرمای آخر فصل و کاهش شدید عملکرد شده است که در این میان، مدیریت مزرعه و تعیین زمان کشت مناسب نقش مهمی را ایفا می‌کنند. در تاریخ کشت‌های مختلف، عملکرد و جوانه‌زنی ارقام تحت تأثیر دمای هوا و رطوبت خاک قرار گرفت، به‌طوری‌که در شرایط دماهای پایین و تنش رطوبتی، جوانه‌زنی و عملکرد دانه گاهی به‌شدت کاهش پیدا می‌کند. به‌ویژه در ارقام حساس، تحت تنش سرما و رطوبت، آسیب به غشاء سلولی و کاهش در میزان جذب آب منجر به افزایش نشت الکترولیت‌ها و کاهش فعالیت آنزیم‌ها می‌شود. در واقع، استقرار گیاهچه و قدرت زنده ماندن بذر در سنین مختلف رشد تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و زمانی بسیار متأثر است (Szczerba et al., 2021; Potopová et al., 2023). این نتایج نشان‌دهنده اهمیت زمان کشت و انتخاب رقم مناسب در شرایط محیطی مختلف است که می‌تواند به بهبود عملکرد و جوانه‌زنی منجر شود. در نتیجه، تاریخ کاشت و نوع رقم بر جوانه‌زنی و عملکرد دانه نخود تأثیر معنی‌داری دارند و انتخاب زمان مناسب برای کشت بسیار حیاتی به نظر می‌رسد.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین رقم‌ها، تاریخ‌های کاشت و اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر ارتفاع آخرین غلاف در بوته دارای اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین ارقام در تاریخ کشت‌های مختلف از لحاظ ارتفاع بوته نشان داد که رقم گوکسو در تاریخ کشت ۶ آذرماه ۹۸ با ارتفاع ۴۲ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد که با رقم آجیلی (شاهد) با ارتفاع بوته ۳۵/۶۶ سانتی‌متر تفاوت معنی‌داری نداشت و رقم پیروز در تاریخ کشت ۲۲ اردیبهشت‌ماه ۹۹ با ارتفاع ۱۵/۶۶ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد که با رقم آجیلی (شاهد) اختلاف معنی‌دار داشت (شکل ۲).

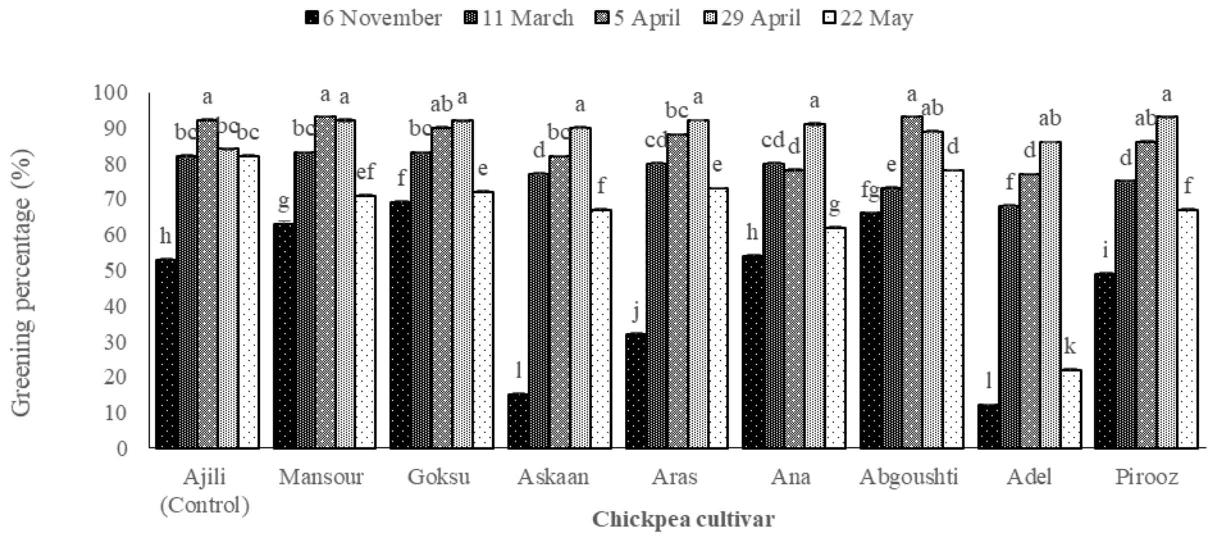
جدول ۳- تجزیه واریانس صفات ریخت‌شناسی ارقام نخود در تاریخ کاشت‌های مختلف

Table 3- Analysis of variance (ANOVA) for morphological traits of chickpea genotypes under different sowing dates

منابع تغییر S.O.V	درجه آزدی df	درصد سبز شدن Field emergence	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی Secondary branches	تعداد غلاف در بوته Pods/plant	وزن هزار دانه 100-seed weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	2.00^{ns}	19.94^{ns}	1.78^{ns}	53.62^{ns}	0.01^{ns}	4108.89^{ns}	110011.67^{ns}	28.21^{ns}
تاریخ کاشت Sowing date	4	8584.77**	568.97**	42.97*	4129.28**	147.59**	865551.69**	681826.67**	1109.43**
خطای اصلی Main error	8	356.86	8.51	6.31	83.55	0.01	7946.20	11130.42	272.94
رقم Varieties	8	1200.9**	240.31**	31.86**	684.58**	1313.86**	61552.80**	40924.17*	223.35**
تاریخ کشت در رقم Sowing date × genotype	32	327.21**	19.10**	ns 2.97	ns 88.18	14.20**	14700.66**	ns 18863.23	121.23*
خطای فرعی Sub error	80	56.91	6.98	5.92	72.13	0.01	3086.607	17817.92	64.07
ضریب تغییرات CV (%)	–	10.31	9.47	31.96	24.31	0.24	16.49	25.69	22.28

ns، *، **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۰/۵ و ۰/۱

**ns, *, and **: indicate non-significant, significant at the 0.05 level, and significant at the 0.01 level, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین ارقام نخود تحت اثر تاریخ‌های مختلف کشت بر درصد سبز شدن نخود

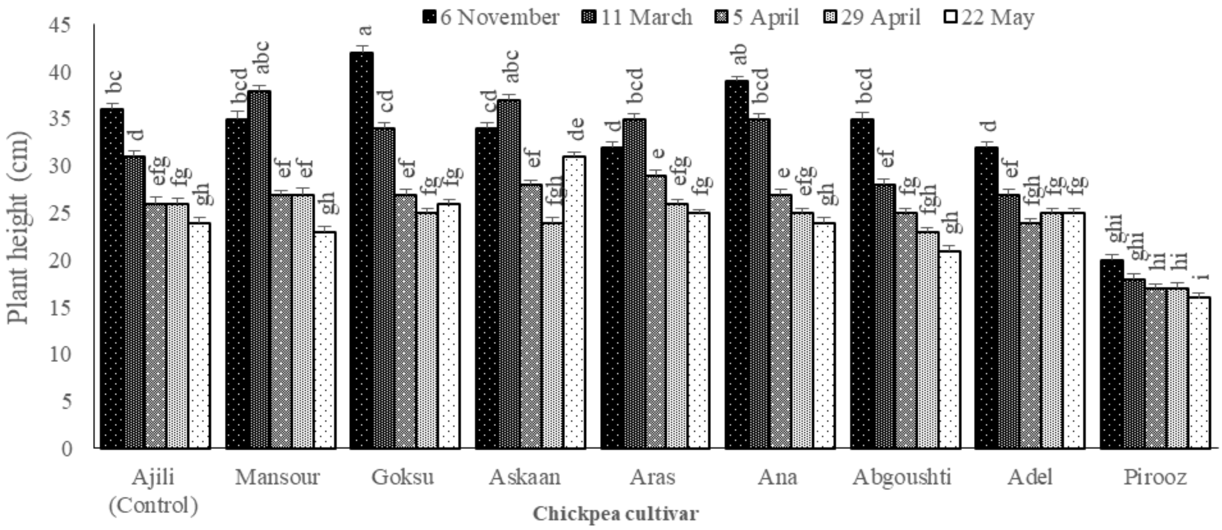
Fig. 1- Comparison of average chickpea cultivars under the effect of different sowing dates on chickpea germination percentage

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, followed by similar letters, are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

افزایش ارتفاع بوته یکی از صفات مطلوب جهت برداشت مکانیزه نخود و استفاده بیشتر از رطوبت و نور در طول دوره رشد رویشی است و در مرحله زایشی نیز با ایجاد منبع بزرگ جهت تشکیل غلاف و دانه منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. این نتایج بیانگر این موضوع است

که افزایش ارتفاع در تاریخ کاشت ۶ آذرماه ۹۸، به‌دلیل سرمازدگی مزرعه و از بین رفتن بوته‌های ضعیف بوده که در این شرایط تراکم مزرعه کاهش یافته و بوته‌های باقی‌مانده علاوه‌بر طولانی بودن دوره رشد رویشی، بیشترین استفاده را از رطوبت و مواد غذایی موجود در خاک و بارندگی‌های اوایل بهار برده و ارتفاع بوته افزایش یافته است. پایین بودن مقدار ارتفاع بوته در تاریخ کاشت پنجم ۲۲ اردیبهشت‌ماه ۹۹ به‌دلیل پایین بودن میزان رطوبت خاک در زمان کاشت، عدم بارندگی‌های مؤثر بعد از زمان کاشت و طول دوره رویشی و زایشی کم و هم‌زمانی آن با گرمای آخر فصل بهار است که این شرایط باعث کندی رشد رویشی گردیده و باعث کاهش ارتفاع بوته می‌گردد. تأثیر شرایط محیطی تا حدود زیادی به ژنتیک رقم وابسته بوده به این معنی که رقم پیروز با توجه به اینکه جزء ارقام تیپ دسی (رنگی) است، اغلب دارای ارتفاع بوته کمتری نسبت به ارقام تیپ کابلی (سفید) است. طبق یافته‌های آقایی فرد و همکاران (Aghaeifard et al., 2025)، تاریخ کشت تأخیری باعث کاهش ارتفاع بوته در گیاه سویا (*Glycine max*) شد که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی داشت. ارتفاع بوته در نخود می‌تواند به‌عنوان یکی از شاخص‌های مؤثر در رشد رویشی و قدرت استقرار گیاه در مزرعه تلقی شود. بررسی‌ها حاکی از آن است که ارقام دارای ارتفاع بیشتر، به‌ویژه در شرایط پاییزه، از ظرفیت بالاتری در توسعه اندام‌های فتوسنتزی برخوردار بوده‌اند که این امر به افزایش سطح برگ و در نهایت افزایش تولید ماده خشک منجر شده است. در این میان، رقم آزاد ارتفاع بیشتری نسبت به سایر ارقام نشان داده و این ویژگی زمینه‌ای برای عملکرد بالاتر دانه فراهم کرده است. افزایش ارتفاع بوته، اگر با ساختار مقاوم و پایداری فیزیکی همراه باشد، می‌تواند عاملی مؤثر در افزایش عملکرد نهایی دانه در نخود تلقی شود (Sandeep et al., 2023).



شکل ۲- مقایسه میانگین ارتفاع نخود تحت اثر تاریخ‌های مختلف کشت و رقم

Fig. 2- Comparison of average pea height under the influence of different sowing dates and cultivars

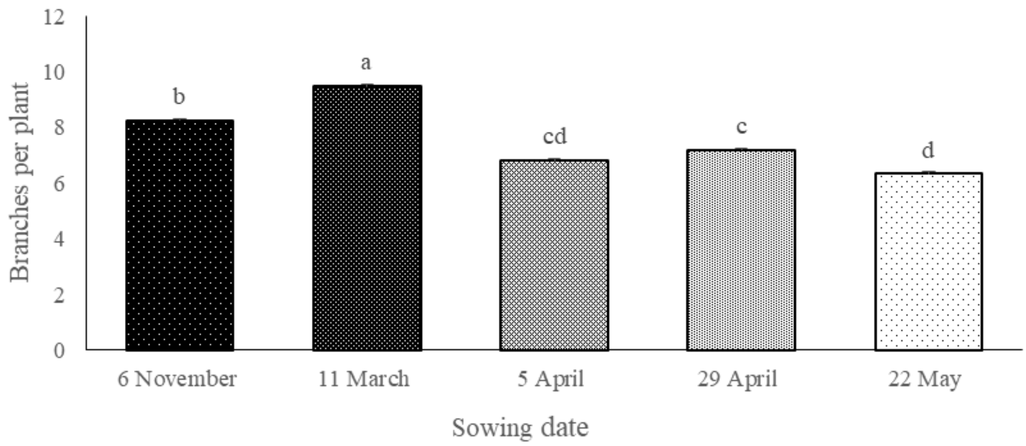
میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, followed by similar letters, are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

تعداد شاخه فرعی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تاریخ‌های کاشت و بین رقم‌ها بر تعداد شاخه فرعی اختلاف معنی‌دار شد (جدول۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین تاریخ‌های مختلف کاشت، تاریخ کاشت ۱۱اسفندماه ۹۸ با میانگین تعداد شاخه فرعی ۹/۴۸ عدد دارای بیشترین تعداد شاخه فرعی و تاریخ ۲۲ اردیبهشت‌ماه ۹۹ با تعداد شاخه فرعی ۶/۳۳ عدد کمترین تعداد شاخه فرعی را داشته است، در این مقایسه مشخص گردید که تاریخ کشت ۱۱ اسفندماه ۹۸ با تاریخ کشت ۶ آذرماه ۹۸ تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی با تاریخ کشت‌های ۵ فروردین‌ماه و ۲۹ فروردین‌ماه و ۲۲

اردیبهشت‌ماه ۹۹ تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۳). مقایسه میانگین ارقام نخود نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط بـه رقـم پیروز با میانگین ۹/۵ عدد در بوته بوده، هرچنـد ارقـام عـادل، آجیلـی (شاهد) و آبگوشتی نیز اختلاف معنی‌داری با آن نداشـت و کـم‌تـرین تعداد شاخه فرعی در بوته با میانگین ۵/۵ عدد در بوته متعلق به رقـم آسکان بود که با رقم آجیلی (شاهد) با تعداد ۹/۱ عدد در بوته اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۴). با دقت در نتـایج به‌دسـت‌آمده مشـخص گردید که در مجموع، ارقام محلی دارای شاخه فرعی بیش‌تری نسبت به ارقام اصلاح‌شده و وارداتی بوده و این امر به تلاش جهـت معرفـی ارقامی با تعداد شاخه فرعی کم‌تر و ارتفاع بوته بیش‌تر برمی‌گـردد تـا شرایط برداشت مکانیزه فراهم گردد. تعـداد شـاخه‌های زیـاد و حالـت جارویی در بوته نخود باعث کاهش شدید غلاف در بوتـه و در نهایـت کاهش عملکرد می‌گردد و یـک صـفت نـامطلوب در تولیـد دانـه بـه حساب می‌آید.

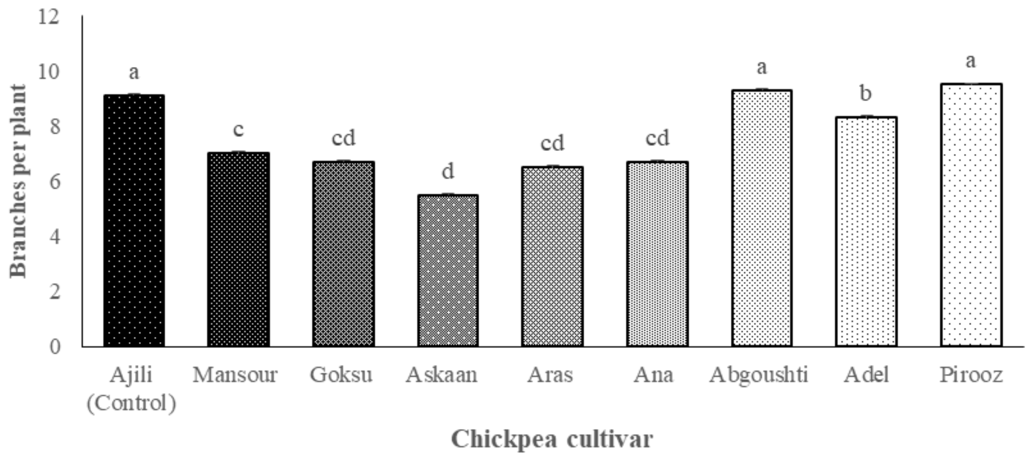


شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی نخود در تاریخ کشت‌های مختلف

Fig. 3- Comparison of the average number of chickpea side branches in different sowing dates

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, followed by similar letters, are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.



شکل ٤- مقایسه میانگین تعداد شاخه فرعی در ارقام مختلف نخود

Fig. 4- Comparison of the average number of secondary branches in different chickpea cultivars

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, followed by similar letters, are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

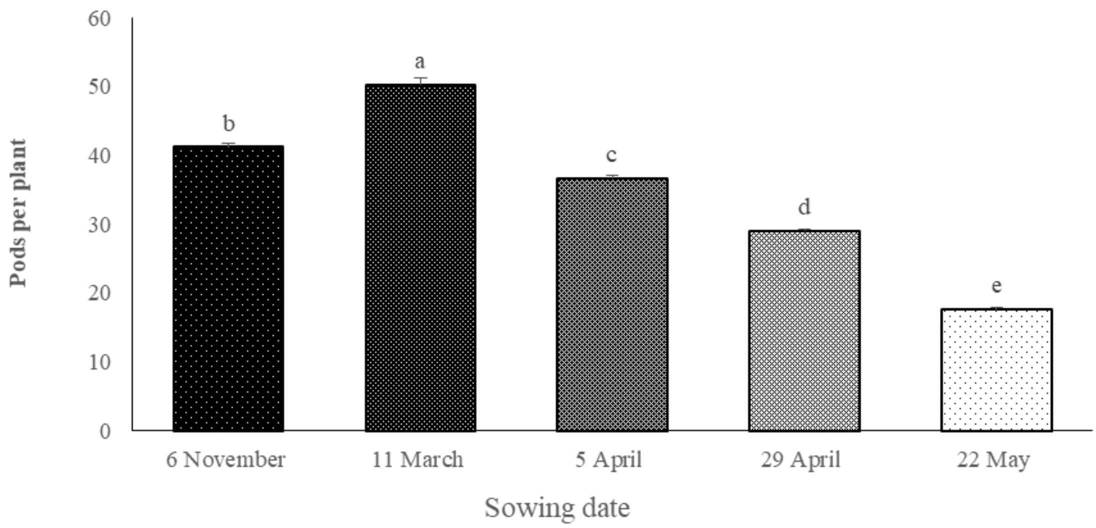
تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تاریخ کاشت و رقم‌های مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر تعداد کل غلاف در هر بوتـه داشـتند، درحالی‌که اثر متقابل بین این دو عامل بر ایـن صـفت معنـی‌دار نبـود

(جدول ۳). در میان تاریخ‌های کاشت، تاریخ ۱۱ اسفندماه ۱۳۹۸ با میانگین ۵۰/۲۲ غلاف در هر بوته بیشترین تعداد غلاف را داشت، درحالی‌که تاریخ ۲۲ اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹ با میانگین ۱۷/۵۹ غلاف کمترین تعداد را نشان داد. تاریخ کاشت ۱۱ اسفندماه به‌طور معنی‌داری با سایر تاریخ‌های کاشت تفاوت داشت، امّا تاریخ‌های ۵ و ۲۹ فروردین‌ماه ۱۳۹۹ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. تمامی تاریخ‌های کاشت به‌جز ۲۲ اردیبهشت‌ماه با این تاریخ تفاوت معنی‌داری داشتند (شکل ۵). از نظر رقم‌های مورد بررسی، رقم پیروز با میانگین ۵۰/۲۰ غلاف در هر بوته بیشترین تعداد غلاف را داشت و با رقم آجیلی (شاهد) با میانگین ۳۵/۶۶ غلاف تفاوت معنی‌داری نشان داد. کمترین تعداد غلاف با میانگین ۵۳/۲۶ مربوط به رقم آسکان بود که با رقم آجیلی نیز تفاوت معنی‌داری داشت. رقم پیروز با تمامی ارقام مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری داشت. اگرچه افزایش تعداد غلاف معمولاً منجر به افزایش عملکرد می‌شود، امّا در مورد رقم پیروز به‌دلیل وزن کم ۱۰۰ دانه، این افزایش عملکرد مشاهده نشد (شکل ۶). مطالعات مشابه در مناطق مختلف نیز نشان داده‌اند که تاریخ کاشت و رقم‌های مختلف تأثیر قابل‌توجهی بر تعداد غلاف در هر بوته دارند. به‌عنوان‌مثال، در مطالعه‌ای در لهستان، تاریخ کاشت زودهنگام منجر به افزایش تعداد غلاف در هر بوته شد، درحالی‌که تأثیر متقابل بین تاریخ کاشت و رقم معنی‌دار نبود (Serafin-Andrzejewska et al., 2024). در مطالعه‌ای دیگر در لهستان مشخص شد که تاریخ کاشت تأثیر قابل توجهی بر تعداد غلاف در هر بوته دارد، به‌طوری‌که تاریخ کاشت زودهنگام منجر به افزایش تعداد غلاف شد (Fordoński et al., 2023). این یافته‌ها نشان می‌دهد که انتخاب تاریخ کاشت مناسب و رقم‌های بهینه می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر تعداد غلاف در هر بوته و در نتیجه عملکرد نهایی داشته باشد. یافته‌های پژوهشی نشان داده است که رقم نخود نقش مهمی در تعیین تعداد غلاف در بوته دارد. در این میان، رقم آزاد بیشترین تعداد غلاف را نسبت به سایر ارقام تولید کرده است. این ویژگی احتمالاً به توان بالای این رقم در شاخه‌دهی و تشکیل غلاف در دوره رشد به‌ویژه در شرایط مساعد کشت پاییزه مربوط می‌شود. افزایش تعداد غلاف یکی از عوامل کلیدی در تقویت توان زایشی گیاه محسوب می‌شود و رقم آزاد در این زمینه عملکرد قابل توجهی از خود نشان داده است (Naseri et al., 2012).

وزن ۱۰۰ دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ارقام، تاریخ کاشت و اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر روی وزن ۱۰۰ دانه اختلاف آماری معنی‌دار است (جدول ۳).

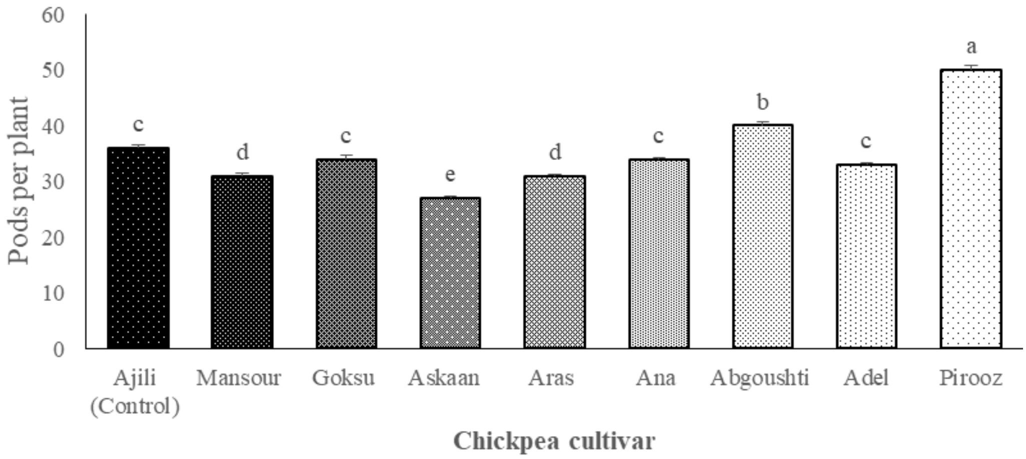


شکل ۵- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته نخود در تاریخ کشت‌های مختلف

Fig. 5- Comparison of the average number of pods per pea plant in different sowing dates

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, followed by similar letters are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.



شکل ٦- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته ارقام مختلف نخود

Fig. 6- Comparison of the average number of pods per plant across different chickpea varieties

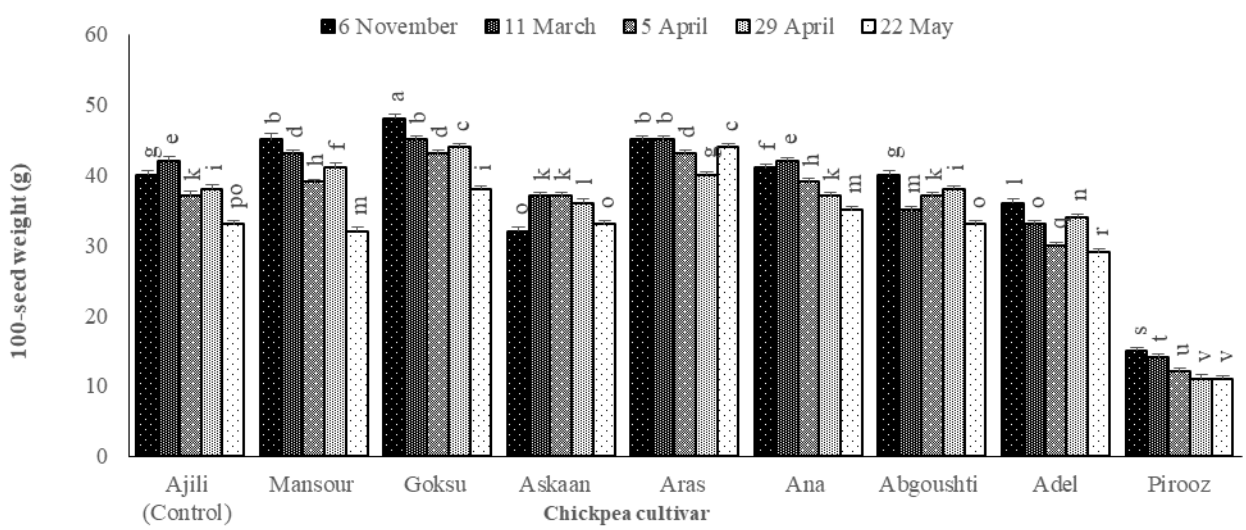
میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, followed by similar letters, are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

مقایسه تیمارها حاکی از آن بود که رقم گوکسو در تاریخ کاشت آذرماه ۹۸ با وزن ۱۰۰ دانه ۴۸ گرم بیش‌ترین وزن ۱۰۰ دانه را به خود اختصاص داد و با رقم آجیلی با وزن ۱۰۰ دانه ۴۲ گرم تفاوت آماری معنی‌داری داشت و رقم پیروز در تاریخ کاشت ۲۲ اردیبهشت-ماه ۹۹ دارای کم‌ترین مقدار وزن ۱۰۰ دانه با ۱۱ گرم بود که با رقم آجیلی اختلاف معنی‌داری داشت. در بررسی یک رقم در تاریخ کشت‌های متفاوت مشخص گردید که از لحاظ وزن۱۰۰ دانه در تمام تاریخ کشت‌ها با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. بیشتر بودن وزن ۱۰۰ دانه علاوه‌بر تأثیر شرایط محیطی تا حدود زیادی به ژنتیک رقم وابسته بوده، به این معنی که رقم پیروز با توجه به اینکه جزو ارقام تیپ دسی (رنگی) است، اغلب دارای وزن ۱۰۰ دانه کمتری نسبت به ارقام تیپ کابلی (سفید) است (شکل ۷). این نتایج بیانگر این موضوع است که افزایش وزن ۱۰۰ دانه ارقام در تاریخ کاشت ۶ آذرماه ۹۸، به‌دلیل سرمازدگی مزرعه و از بین رفتن بوته‌های ضعیف بوده که در این شرایط تراکم مزرعه کاهش یافته و بوته‌های باقی‌مانده علاوه‌بر طولانی بودن دوره رشد رویشی، بیشترین استفاده را از رطوبت موجود در خاک و بارندگی‌های اوایل بهار و مواد غذایی خاک برده‌اند. پایین بودن مقدار وزن ۱۰۰ دانه ارقام در تاریخ کاشت ۲۲ اردیبهشت‌ماه ۹۹ به‌دلیل پایین بودن میزان رطوبت خاک در زمان کاشت، عدم بارندگی‌های مؤثر بعد از زمان کاشت، مصادف شدن اوج فعالیت آفات و بیماری‌های گیاهی با مراحل حساس رشدی گیاه و همچنین مصادف شدن مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه با گرمای آخر فصل بهار است. در پژوهش لیاکات و همکاران (Liaqat et al., 2018) مشاهده شد که کشت تأخیری باعث کاهش وزن ۱۰۰ دانه بلال ذرت (*Zea mays* L.) شد که با نتایج این پژوهش نیز مطابقت داشت. نتایج پژوهشی نشان داده است که رقم نخود بر وزن دانه تأثیر مستقیم دارد. در این خصوص، رقم آزاد نسبت به سایر ارقام دارای وزن ۱۰۰ دانه بیشتری بوده است. این ویژگی بیانگر توانایی بهتر این رقم در انتقال مواد تولیدشده به دانه‌ها و کامل شدن فرآیند پرشدگی آن‌ها در پایان فصل رشد است. دانه‌های درشت‌تر در رقم آزاد، ضمن ارتقاء کیفیت محصول، نشان‌دهنده کارآیی بیشتر این رقم در استفاده از منابع غذایی و شرایط محیطی می‌باشند (Naseri et al., 2012).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین رقم‌ها، تاریخ‌های کاشت و اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد اختلاف آماری معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین ارقام در تاریخ کشت‌های مختلف از لحاظ عملکرد دانه نشان داد که رقم گوکسو در تاریخ کشت ۱۱اسفندماه ۹۸ با ۶۴۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را به خود اختصاص داد که با رقم آجیلی با عملکرد ۶۵۹ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت و رقم آنا در تاریخ کشت ۲۲ اردیبهشت‌ماه ۹۹ با ۴۷ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را داشت (شکل ۸).



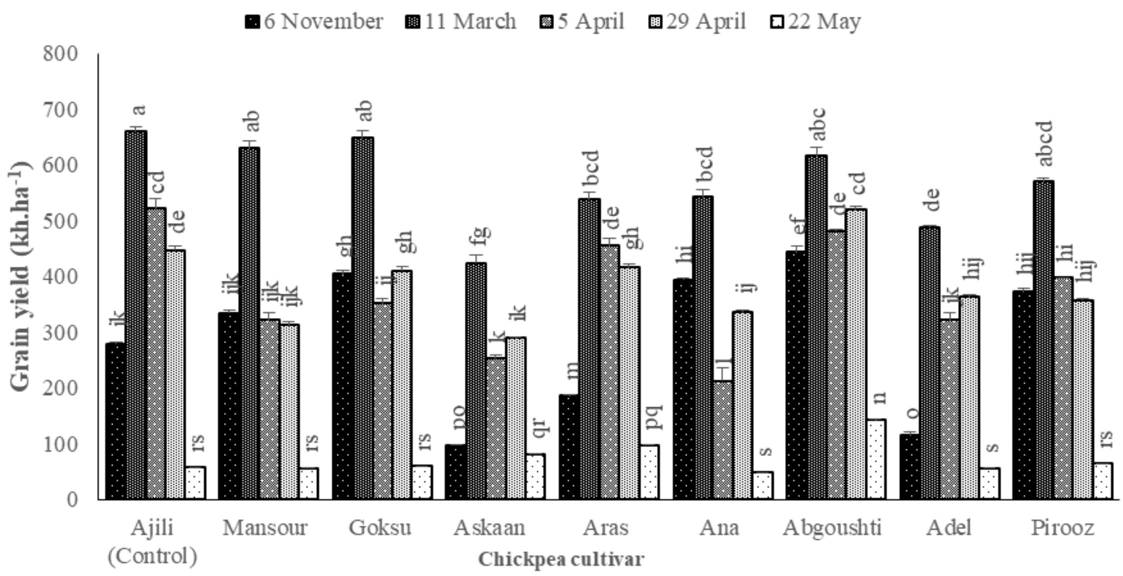
شکل ۷- مقایسه میانگین وزن ۱۰۰ دانه نخود در تاریخ کشت‌ها و ارقام مختلف

Figure 7 - Comparison of the average weight of 100 chickpea seeds in different sowing dates and cultivars

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, followed by similar letters, are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

افزایش عملکرد ارقام نخود در تاریخ کاشت ۱۱ اسفندماه، به‌دلیل برخوردار شدن گیاه از بیشترین دوران رشد رویشی و تکاملی گیاه و استفاده بهینه از رطوبت موجود در خاک و بارندگی‌های اوایل بهار و همچنین به‌دلیل دور شدن گیاه از عوامل نامساعد محیطی از جمله تنش سرما در اوایل فصل رشد، آفات و بیماری‌های گیاهی، خشکی و گرمای آخر فصل است. عملکرد ارقام در تاریخ کشت ۶ آذرماه ۹۸ عملکرد مورد انتظار را نداشت و در منطقه اجرای آزمایش که دارای شرایط آب‌وهوایی سرد بوده و متأسفانه میانگین ۴۵ درصد سطح سبز داشت و سرما باعث از بین بردن حدود ۵۵ درصد از سطح مزرعه گردید. بیشتر بذوری که اواخر فصل پاییز جوانه زده، تنش سرما آن را از بین برده و این تاریخ کشت شدیداً تحت تأثیر دما بود، و سرما و علف هرز باعث کاهش شدید عملکرد گردید. این تنش مهم باعث گردید که زارعین منطقه، رغبتی برای کاشت نخود در فصل پاییز نداشته و کشت آن را به فصل بهار موکول کرده و کشت بهاره نیز در دوره رشد رویشی و زایشی با تنش گرمایی آخر فصل بهار مواجه بوده و عملکرد آن نیز کاهش می‌یابد. در کاشت زودهنگام، گیاه دارای اندام های رویشی بزرگ‌تری می‌شود که قادر است مقصد زایشی بزرگ‌تری را تغذیه کرده و به‌میزان کافی ماده خشک به آن اختصاص دهد که در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (Fallah, 2008). اعمال مدیریت زراعی مناسب به‌منظور بهره‌گیری از پتانسیل عملکرد واریته‌های مختلف گیاهان زراعی از جمله نخود ضروری است. تنوع در عملکرد می‌تواند ناشی از تنوع عوامل اقلیمی تاریخ کاشت و مدیریت عملیات زراعی باشد. تاریخ کاشت به‌عنوان یک راهکار ساده و کم‌هزینه در مطالعات بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است (Ghalkhani et al., 2022). همچنین در یافته‌های پژوهشی واکنش سه ژنوتیپ نخود را در سه تاریخ کاشت پاییزه و زمستانه و بهاره در منطقه نیمه گرمسیر جنوب استان لرستان مورد بررسی قرار داده و گزارش نمودند که با تأخیر در زمان کاشت و مصادف شدن مرحله پر شدن دانه با تنش خشکی و درجه حرارت‌های نسبتاً بالا در انتهای فصل رشد، تولید زیست توده و عملکرد دانه نخود به ترتیب به میزان ۶۶ و ۸۹ درصد کاهش یافت، طبق گزارش این محققان کاهش تعداد غلاف در بوته ۶۰ درصد و کاهش وزن ۱۰۰ دانه ۳۲ درصد بیش‌ترین نقش را در کاهش عملکرد داشته‌اند (Mousavi & Pezeshkpour, 2006).



شکل ۸- مقایسه میانگین عملکرد دانه نخود در تاریخ کشت‌ها و ارقام مختلف

Fig. 8- Comparison of average chickpea grain yield across sowing dates and cultivars

میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, followed by similar letters are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

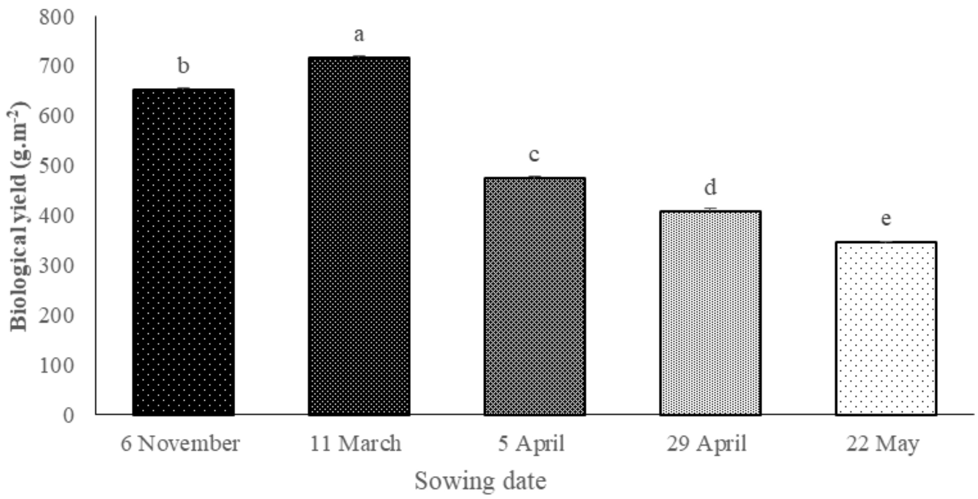
عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تاریخ‌های کاشت و بین رقم‌ها اختلاف آماری معنی‌دار از لحاظ عملکرد بیولوژیک وجود داشت. اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (جدول ۳). مقایسه میانگین تاریخ کاشت‌های مختلف نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک در تاریخ کاشت‌های ۱۱ اسفندماه و با میانگین ۷۱۶/ ۶۶ گرم در مترمربع به دست آمد و کمترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۳۴۵/۵۵ گرم در مترمربع متعلق به تاریخ کشت ۲۲ اردیبهشت‌ماه ۹۹ بود (شکل ۹). برخورداری از رطوبت کافی و طول دوره رشد رویشی طولانی‌تر در تاریخ کشت‌های اول و دوم باعث افزایش زیست‌توده بوته گردیده و در نهایت عملکرد بیولوژیک افزایش پیدا کرده و افزایش عملکرد بیولوژیک باعث تشکیل مخزن بزرگ‌تر برای تغذیه دانه و افزایش عملکرد می‌گردد (Seyedi & Hamzei, 2021). مقایسه میانگین ارقام نخود نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به رقم آجیلی (شاهد) (۵۷۹ گرم در مترمربع) بود، هرچند سایر ارقام غیر از رقم پیروز نیز با رقم آجیلی اختلاف معنی‌داری نداشتند و کمترین عملکرد بیولوژیک (۴۲۱ گرم در مترمربع) متعلق به رقم پیروز بود که با رقم شاهد اختلاف معنی‌دار داشت (شکل ۱۰). کارآیی و عملکرد کل وزن خشک یک جامعه گیاهی وابسته به استفاده از تشعشع خورشید در طول فصل رشد است و در شرایط مطلوب زراعی که هیچ عامل محدودکننده دیگری موجود نباشد، میزان نور جذب‌شده توسط گیاه در طی فصل رشد تعیین‌کننده‌ترین عامل تولید ماده خشک است (Khojamli et al., 2020).

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت، رقم نخود و همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم بر صفت شاخص برداشت در سطح معنی‌داری آماری تأثیرگذار بودند (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم 'آراس' در تاریخ کاشت ۵ فروردین ۱۳۹۹ بیشترین مقدار شاخص برداشت را دارا بود، درحالی‌که رقم آجیلی (شاهد) در تاریخ کاشت ۲۲ اردیبهشت ۱۳۹۹ کمترین شاخص برداشت را نشان داد. نتایج نشان داد که تغییرات شاخص برداشت متناسب با سطوح عوامل مستقل نبوده و این شاخص تحت تأثیر اثر متقابل این دو عامل قرار گرفته است. به بیان دیگر، اثر تاریخ کاشت و رقم نخود بر شاخص برداشت، مستقل از یکدیگر نبوده و تعامل بین این دو عامل به‌شکل معنی‌داری باعث تغییر مقدار شاخص برداشت شده است. مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم

نشان داد که تیمارها از نظر این صفت در سه گروه آماری متمایز قرار گرفتند؛ به‌گونه‌ای که تیمار مربوط بـه رقـم 'آراس' در تـاریخ کاشـت سوم (۵ فروردین) با مقدار ۵۰/۵۴ درصد، بالاترین و تیمار رقم آجیلـی در تاریخ کاشت ۲۲ اردیبهشت بـا ۱۴/۴۹ درصـد، پـایین‌ترین میـزان شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (شکل ۱۱). انتخاب تـاریخ کاشـت مناسـب، یکـی از مهم‌تـرین جنبـه‌های مـدیریتی در تولیـد محصولات زراعی محسوب می‌شود که نقش کلیدی در کاهش اثرات تنش‌های غیرزیستی و زیستی از جملـه آفـات، بیماری‌هـا، علف‌هـای هرز، آماده‌سازی بستر بذر و همچنین افزایش بهره‌وری اقتصادی ایفـا می‌کند (Richards et al., 2022).

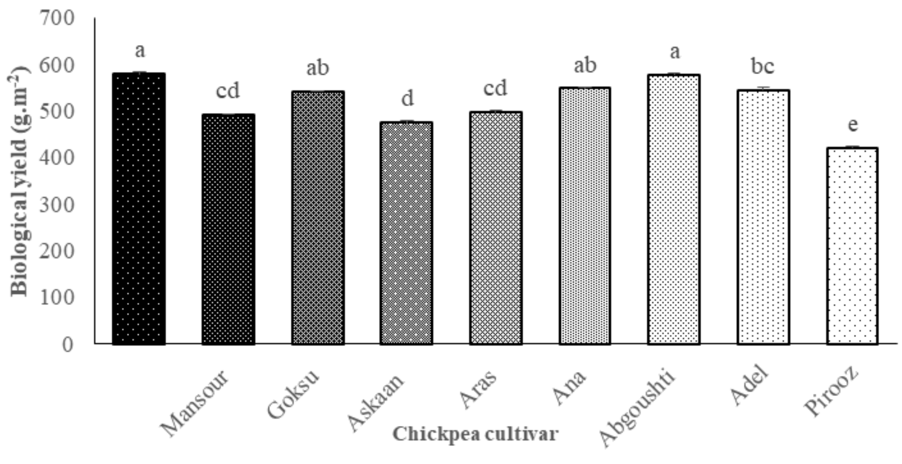


شکل ۹- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک نخود در تاریخ کشت‌های مختلف

Fig. 9- Comparison of the average biological yield of chickpea across different sowing dates

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, followed by similar letters, are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

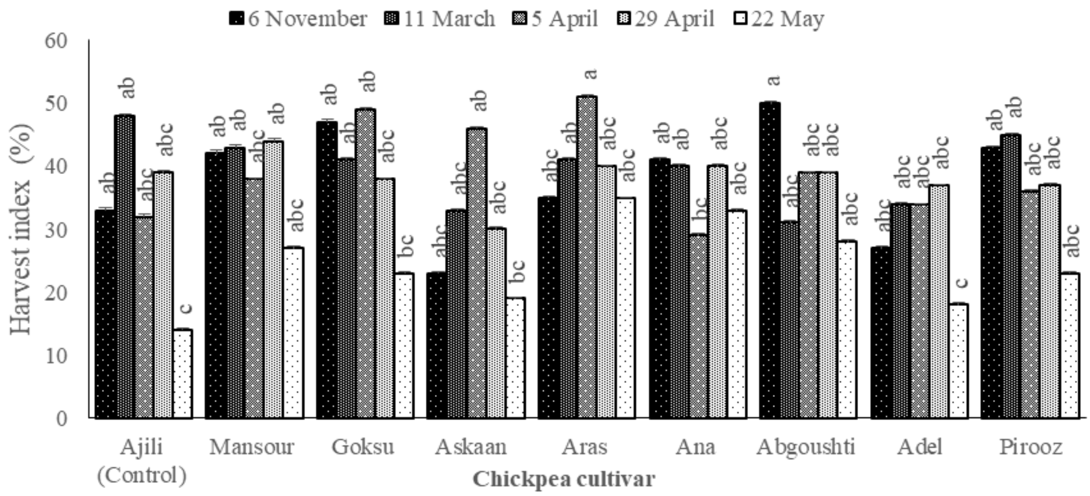


شکل ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک نخود در ارقام مختلف نخود

Fig. 10- Comparison of the average biological yield across different chickpea varieties

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین شاخص برداشت نخود در تاریخ کشت‌ها و ارقام مختلف

Fig. 11- Comparison of average chickpea harvest index in different sowing dates and cultivars

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, followed by similar letters, are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan's Multiple Range Test.

نتیجه‌گیری

این پژوهش تأکید می‌کند که انتخاب تاریخ صحیح کشت برای بهبود کارآیی تولید نخود اهمیت زیادی دارد. همچنین، به دست آوردن نتایج مطلوب در ارتباط با اقلیم‌های مختلف نیز به افزایش تولید و کاهش ریسک‌ها در مناطق کشاورزی کمک می‌کند. نتایج نشان‌دهنده این است که زمان کشت و نوع رقم نخود بر تمامی جنبه‌های زراعی مؤثر است و این اطلاعات می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا با بهینه‌سازی زمان کشت و انتخاب ارقام مناسب، عملکرد بهتری از مزارع نخود به دست آورند. در تاریخ‌های مختلف کاشت، رقم وارداتی گوکسو و رقم محلی آبگوشتی بیشترین عملکرد از لحاظ تولید دانه را داشتند. همچنین بهترین تاریخ کاشت ۱۱ اسفندماه و رقم گوکسو بودند. ترکیب این دو عامل (تاریخ ۱۱ اسفند و رقم گوکسو) بیشترین بازدهی را از لحاظ عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه و رشد مناسب نشان دادند و برای مناطقی با اقلیم مشابه، قابل توصیه هستند. تاریخ کاشت مناسب می‌تواند با کاهش تنش‌های محیطی نظیر سرما و خشکی، موجب بهبود سبز شدن، رشد رویشی، تشکیل غلاف و در نهایت افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک گردد. همچنین، تفاوت ژنتیکی بین ارقام از نظر تحمل به تنش‌ها و پتانسیل عملکردی، نقش مهمی در پاسخ به تاریخ‌های مختلف کاشت دارد. بنابراین، مدیریت صحیح زمان کاشت و استفاده از ارقام سازگار می‌تواند گامی مؤثر در افزایش بهره‌وری کشت نخود در مناطق سرد و نیمه‌خشک کشور باشد.

سپاسگزاری

از مسئولین آزمایشگاه‌ها دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، ادارات کشاورزی و هواشناسی شهرستان سقز جهت فراهم کردن امکانات این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Aghaeifard, K., Tobeh, A., Farzaneh, S., Karbalaei Khiavi, H., & Sharifiziveh, P. (2025). The effect of sowing dates and different densities of cover crops on weed control and soybean (*Glycine max* L.) yield. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. *35*(2), 63-84. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/saps.2024.58295.3108
2. Berger, J.D., Turner, N.C., Siddique, K.H.M., Knights, E.J., Brinsmead, R.B., Mock, I., Edmondson, C., & Khan, T.N. (2004). Genotype by environment studies across Australia reveal the importance of phenology for chickpea

(*Cicer arietinum* L.) improvement. *Australian Journal of Agricultural Research*, *55*, 1071–1084. https://doi.org/10.1071/AR04104
3. Devasirvatham, V., Gaur, P.M., Mallikarjuna, N., Raju, T.N., Trethowan, R.M., & Tan, D.K.Y. (2013). Reproductive biology of chickpea response to heat stress in the field is associated with the performance in controlled environments. *Field Crops Research*, *142*, 9–19. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.11.011
4. Devasirvatham, V., Gaur, P.M., Raju, T.N., Trethowan, R.M., & Tan, D.K.Y. (2015). Field response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to high temperature. *Field Crops Research*, *172*, 59–71. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.11.017
5. Fallah, S. (2008). Effect of planting date and plant density on yield and yield components in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) in dry condition of Khorram Abad. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *45*, 123–135. (In Persian with English abstract). http://jcpp.iut.ac.ir/article-1-905-fa.html
6. FAOSTAT. (2020). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. https://faostat.fao.org/faostat/ (accessed on 14 November 2021)
7. Fordoński, G., Okorski, A., Olszewski, J., Dąbrowska, J., & Pszczółkowska, A. (2023). The effect of sowing date on the growth and yield of soybeans cultivated in North-Eastern Poland. *Agriculture*, *13*(12), 2199. https://doi.org/10.3390/agriculture13122199
8. Gaur, P.M., Jukanti, A.K., & Varshney, R.K. (2012). Impact of genomic technologies on chickpea breeding strategies. *Agronomy*, *2*, 199–221. https://doi.org/10.3390/agronomy2030199
9. Gaur, P.M., Samineni, S., Thudi, M., Tripathi, S., Sajja, S.B., Jayalakshmi, V., Mannur, D.M., Vijayakumar, A.G., Ganga Rao, N.V.P.R., & Ojiewo, C. (2019). Integrated breeding approaches for improving drought and heat adaptation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant Breeding*, *138*, 389–400. https://doi.org/10.1111/pbr.1264
10. Ghalkhani, A., Paknejad, F., Mahrokh, A., Ardakani, M.R., & Golzardi, F. (2022). Effects of planting method and sowing date on yield, water use efficiency and morphological traits of two grain maize cultivars. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *32*(1), 1–16. https://doi.org/10.22034/saps.2021.44751.2644
11. Grasso, N., Lynch, N.L., Arendt, E.K., & O'Mahony, J.A. (2022). Chickpea protein ingredients: A review of composition, functionality, and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *21*, 435–452. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12878
12. International Seed Testing Association (ISTA). (2006). *International rules for seed testing*. Basserdorf, Switzerland: ISTA.
13. Khojamli, A., Nakhzari Moghaddam, A., Mollashahi, M., & Ahangar, L. (2020). Investigation of some quantitative and qualitative characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Adel cv. under the influence of nitrogen and supplemental irrigation. *Iranian Journal of Pulses Research*, *10*(2), 193–203. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v10i2.70012
14. Lack, L., & Sadras, V.O. (2014). The critical period for yield determination in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crop Research*, *168*, 1–7. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.08.003
15. Liaqat, W., Akmal, M., & Ali, J. (2018). Sowing date effect on production of high yielding maize varieties. *Sarhad Journal of Agriculture*, *34*(1), 102–113. https://doi.org/10.17582/journal.sja/2018/34.1.102.113
16. Mafoua, L., Richards, M.F., Norton, S.L., & Nguyen, G.N. (2020). Breeding for abiotic stress adaptation in chickpea (*Cicer arietinum* L.): A comprehensive review. *Crop Breeding, Genetics and Genomics*, *2*, e200015. https://doi.org/10.20900/cbgg20200015
17. Mousavi, S.K., & Pezeshkpour, P. (2006). Effects of planting pattern on pea (*Pissum sativum* L.) production in dryland situation of Lorestan province. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *4*(2), 375-384. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/gsc.v4i2.1275
18. Naseri, R., Siyadat, A., Soleymani Fard, A., Soleymani, R., & Khosh Khabar, H. (2012). Effects of planting date and density on yield, yield components and protein content of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam province. *Iranian Journal of Pulses Research*, *2*(2), 7-18. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.v2i2.19018
19. Pokhrel, A., Dangi, S.R., & Poudel, P.P. (2025). Impact of sowing date and variety on the performance of chickpea in the Western-Terai region of Nepal. *Asian Journal of Research in Crop Science*, *10*(1), 28–36. https://doi.org/10.9734/ajrcs/2025/v10i1329
20. Potopová, V., Trifan, T., Trnka, M., De Michele, C., Semerádová, D., Fischer, M., Meitner, J., Musiolková, M.,

Muntean, N., & Clothier, B. (2023). Copulas modelling of maize yield losses – Drought compound events using the multiple remote sensing indices over the Danube River Basin. *Agricultural Water Management*, *280*, 108217. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108217.

21. Pushpavalli, R., Berger, J.D., Turner, N.C., Siddique, K.H.M., Colmer, T.D., & Vadez, V. (2020). Cross-tolerance for drought, heat and salinity stresses in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, *206*, 405–419. https://doi.org/10.1111/jac.12393
22. Rasheed, A., Gill, R.A., Hassan, M.U., Mahmood, A., Qari, S., Zaman, Q.U., Ilyas, M., Aamer, M., Batool, M., & Li, H. (2021). Recent advancements in the use of CRISPR/Cas9 technology to enhance crops and alleviate global food crises. *Current Issues in Molecular Biology*, *43*, 1950–1976. https://doi.org/10.3390/cimb43030135
23. Richards, M.F., Maphosa, L., & Preston, A.L. (2022). Impact of sowing time on chickpea (*Cicer arietinum* L.) biomass accumulation and yield. *Agronomy*, *12*, 160. https://doi.org/10.3390/agronomy12010160
24. Sadras, V.O., & Slafer, G.A. (2012). Environmental modulation of yield components in cereals: Heritabilities reveal a hierarchy of phenotypic plasticities. *Field Crops Research*, *127*, 215–224. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.11.014
25. Sadras, V., & Dreccer, M.F. (2015). Adaptation of wheat, barley, canola, field pea and chickpea to the thermal environments of Australia. *Crop and Pasture Science*, *66*, 1137–1150. https://doi.org/10.1071/CP15129
26. Sandeep, G.S., Chil, U., & Viswanadhuni, U.K. (2023). Effect of dates of sowing on growth and yield of chickpea varieties. *International Journal of Environment and Climate Change*, *13*(10), 834–838. https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i102723
27. Serafin-Andrzejewska, M., Helios, W., Białkowska, M., Kotecki, A., & Kozak, M. (2024). Sowing date as a factor affecting soybean yield—A case study in Poland. *Agriculture*, *14*, 970. https://doi.org/10.3390/agriculture14070970
28. Seyedi, S.M., & Hamzei, J. (2021). Study effect of sowing dates on quantitative and qualitative yield of chickpea cultivars under dryland condition. *Journal of Plant Production Research*, *28*(4), 65–83. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22069/jopp.2020.17459.2608
29. Szczerba, A., Płażek, A., Pastuszak, J., Kopeć, P., Hornyák, M., & Dubert, F. (2021). Effect of low temperature on germination, growth, and seed yield of four soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *Agronomy*, *11*(4), 800. https://doi.org/10.3390/agronomy11040800.
30. Wood, J.A., Knights, E.J., Harden, S., & Hobson, K.B. (2019). Seed quality and the effect of introducing *Cicer echinospermum* to improve disease and pest resistance in desi chickpea. *Legume Science*, *1*, e22. https://doi.org/10.1002/leg3.22